

Reinhold Kerbl, Karl Reiter, Lucas Wessel

Referenz Pädiatrie

Kardiologie > Elektrokardiografie

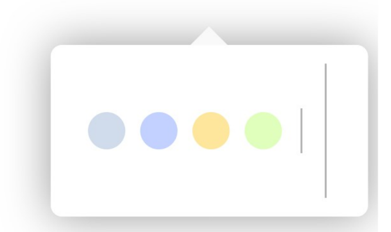
Gernot Grangl, *Andreas Gamillscheg*

Elektrokardiografie

Gernot Grangl, Andreas Gamillscheg

Steckbrief

Das Elektrokardiogramm (EKG) misst die Spannungsdifferenzen zwischen erregten und unerregten Myokardbezirken, wodurch die Erregungsausbreitung und Erregungsrückbildung des Herzens dargestellt werden. Die elektrischen Impulse, die vom Sinusknoten gebildet, über Vorhöfe, AV-Knoten und His-Bündel auf die Kammern übergeleitet werden und sich in den Kammern über Reizleitungsschenkel und Purkinje-Fasern ausbreiten, werden durch Elektroden an der Haut über das EKG abgeleitet. Jeder elektrische Impuls wird im Oberflächen-Elektrokardiogramm aufgezeichnet und mittels kalibriertem EKG-Papier bzw. neuerdings elektronisch-digital dargestellt. Durch die Beurteilung des EKGs können Herzrhythmusstörungen diagnostiziert und Rückschlüsse auf angeborene und erworbene Herzerkrankungen sowie Elektrolytstörungen gezogen werden.



Synonyme

- ECG

Keywords

- QRS-Komplex
- Schenkelblock
- LSB
- RSB

Definition

Das Elektrokardiogramm ist eine nicht invasive Methode zur Aufzeichnung der elektrischen Aktivität des Herzens. Es wird verwendet, um mögliche Herzrhythmusstörungen sowie angeborene und erworbene Herzerkrankungen zu erkennen bzw. zu diagnostizieren.

Jeder elektrische Vorgang wird als Spannungsdifferenz im EKG registriert, somit können bei abnormaler intrakardialer Ausbreitung und Rückbildung der elektrischen Impulse Rückschlüsse auf Herzerkrankungen gezogen werden und Herzrhythmusstörungen diagnostiziert werden.

Einordnung der Methode im Vergleich zu weiteren Methoden

- Das EKG ist eine unverzichtbare Basisuntersuchung in der Kardiologie.
- Als nicht invasive, schmerzfreie und einfach durchzuführende Methode erbringt die Elektrokardiografie schnell wichtige Informationen über die Herzfrequenz, Herzrhythmusstörungen und Hinweise auf verschiedene Herzerkrankungen.
- Das EKG ist eine sichere Methode für Neugeborene bis Jugendliche und kann in beinahe jedem Krankenhaus/jeder Klinik durchgeführt werden.
- Insbesondere bei Herzrhythmusstörungen ist das EKG die definitive und konklusive Untersuchungsmethode, die zur Entscheidungsfindung für therapeutische Verfahren herangezogen wird.

Indikationen

- klinische Symptome:
  - Herzrasen
  - Herzstolpern oder unregelmäßiger Herzschlag mit V.a. Extraschläge
  - Brustschmerzen
  - plötzliche Atemnot
- angeborene Herzerkrankungen vor und nach einer Operation bzw. Intervention
- Herzrhythmusstörungen
- erworbene Herzerkrankungen (z.B. Kawasaki-Syndrom, Myokarditis, Herzinsuffizienz unterschiedlicher Ursachen)
- Überwachung einer medikamentösen Therapiewirkung und -toxizität
- Diagnostik und Überwachung vor oder nach operativen Eingriffen
- pulmonaler Hypertonus und pulmonale Gefäßerkrankungen
- Elektrolytstörungen

> **Merke:**
>
> Sollte bei obigen Indikationen eine kontinuierliche EKG-Aufzeichnung über 24–48 h notwendig sein, wird ein Holter-EKG durchgeführt. Dabei wird ein kleines tragbares Gerät (Holter-Rekorder) am Körper des Patienten angebracht, der Elektroden auf der Brust befestigt hat. Das Holter-EKG ist ein wichtiges diagnostisches Instrument zur Aufzeichnung von intermittierenden Herzrhythmusstörungen, die nicht während der Ableitung eines herkömmlichen EKGs erfasst werden können.

Aufklärung und spezielle Risiken

- Die Ableitung eines EKGs ist ein sicheres Verfahren ohne bekannte Risiken oder Nebenwirkungen, somit bedarf es keiner speziellen Aufklärung.
- Es kann jedoch bei Kindern, die Angst vor medizinischen Eingriffen haben, Stress verursachen.
- Der Ablauf des Elektrokardiogramms inklusive des Aufbringens der Elektroden auf die Haut sollte dem Patienten bzw. der Begleitperson erklärt werden.

Personal, Material und Einstelltechnik

- Medizinisch geschultes Fachpersonal ist erforderlich, um das EKG aufzunehmen, die aufgezeichneten Daten zu interpretieren und ggf. weitere diagnostische oder therapeutische Maßnahmen einzuleiten.
- Um ein EKG abzuleiten, werden elektrokardiografische Aufnahmegeräte, altersspezifische Elektroden (Neugeborenen- bis Jugendalter) und eine elektronische oder papierbasierte Aufzeichnungsvorrichtung benötigt.
- Die Elektroden werden an der Haut, den Extremitäten und der Brustwand angebracht.
- Die Elektrodenkontakte, die Anpassung der Aufzeichnungsgeschwindigkeit und -amplitude sowie die elektrokardiografische Signalqualität müssen durch medizinisches Fachpersonal überprüft werden.

Durchführung

- Das Elektrokardiogramm wird über Elektroden, die auf die Haut aufgesetzt werden, abgeleitet.
- Lokalisation der Elektroden:
  - **Brustwandableitungen** V_1–V_6, evtl. V_{3R}–V_{6R} (Abb. 151.1)
  - **Extremitätenableitungen** I, II, III, aVR, aVL, aVF (Abb. 151.1) [1]
- Auswertung:
  - **Herzfrequenz** :
    - Normalwerte altersabhängig (Tab. 151.5)
    - Cave: Überinterpretation atemabhängiger Schwankungen, die v.a. in vegetativ

labilen Phasen, z.B. Rekonvaleszenz, physiologisch sind

- **Herzrhythmus** :
  - Norm: Sinusrhythmus
  - pathologisch: AV-Knoten-Rhythmus, Kammerersatzrhythmen, gehäufte supraventrikuläre oder ventrikuläre Extrasystolen, supraventrikuläre und ventrikuläre Tachykardien, Bradykardien einschließlich AV-Blockierungen
- **>Lagetyp** :
  - Bestimmung der Herzachse anhand der Extremitätenableitungen (Abb. 151.2)
  - Der Lagetyp ergibt sich aus den beiden höchsten Ausschlägen der Extremitätenableitungen.
  - Bei negativem Ausschlag zeigt der Vektor in die Gegenrichtung der entsprechenden Ableitung.
  - beim Neugeborenen physiologischer Rechtstyp, der sich im Lauf der ersten Lebensjahre in eine Steillage, später in eine Indifferenz- bis Linkslage wandelt
- **P-Welle** (Vorhofanteil der Erregungsausbreitung – intraatriale Erregungsausbreitung):
  - physiologisch: P in III häufig negativ (Abb. 151.3)
  - pathologische Veränderungen und ihre Bedeutung s. Tab. 151.1
- **PQ-Zeit** (AV-Überleitungszeit – Atrioventrikuläre Erregungsüberleitung):
  - physiologisch: Verkürzung (frequenzabhängig, tiefer Erregungsursprung im rechten Vorhof)
  - pathologisch: verlängert bei AV-Block, verkürzt bei Tachykardie, WPW-Syndrom (Deltawelle), LGL-Syndrom, atrialer Reizleitungsstörung
- **QRS-Komplex** (Kammeranteil der Erregungsausbreitung – intraventrikuläre Erregungsausbreitung):
  - physiologisch: M-förmige Splitterung in V_1–V_2
  - pathologische Veränderungen und ihre Bedeutung s. Tab. 151.2
- **ST-Strecke** (isoelektrische Kontraktion und Beginn der intraventrikulären Erregungsrückbildung):
  - physiologisch: aszendierende ST-Strecke
  - pathologische Veränderungen und ihre Bedeutung s. Tab. 151.4
- **T-Welle** (Ende der intraventrikulären Erregungsrückbildung):
  - physiologisch: T in III und aVF negativ
  - pathologische Veränderungen und ihre Bedeutung s. Tab. 151.3
- **QT-Zeit** :
  - Berechnung für frequenzunabhängige QT_c: (f: Herzfrequenz): $QT_c = QT/\sqrt{(60/f)}$
  - Normwert QT_c = 0,35–0,44s
  - verlängert bei Long-QT-Syndromen, Hypokalzämie, Hypokaliämie, Jervell-Lange-Nielson-Syndrom, Romano-Ward-Syndrom
  - verkürzt bei Hyperkalzämie
  - altersabhängige Normbereiche für verschiedene Zeitwerte im EKG s. Tab. 151.5

Tab. 151.1 Pathologische P-Wellenveränderungen und ihre mögliche Bedeutung.

Veränderung	mögliche Bedeutung
wechselndes P (Breite und PQ-Zeit)	wandernder Schrittmacher, ektoper VH-Rhythmus
sägezahnartiges P	Vorhofflattern
kein P identifizierbar	Vorhofflimmern, sinuatrialer Block (SA-Block) II und III
P-dextroatriale, Abb. 151.4: hochgipflig in II, III, aVF, V_1	Überlastung des rechten Vorhofs (z.B. Fallot-Tetralogie, Trikuspidal-, Pulmonalstenose, Ebstein-Anomalie)
P-sinistroatriale, Abb. 151.4: doppelgipflig in I, II, biphasisch in III, V_1	Überlastung des linken Vorhofs (z.B. Aorten- oder Mitralvitien, Hypertonie, Kardiomyopathien)

Veränderung	mögliche Bedeutung
P-biatriale, Abb. 151.4: doppelgipflig in I, aVL, hochgipflig in II, III, aVF, biphasisch in $V_1 + V_2$	Überlastung beider Vorhöfe (z.B. Trikuspidalatresie, dekompensierte Mitral- oder Aortenvitien, großer ASD)

Tab. 151.2 Pathologische Veränderungen des QRS-Komplexes, Bedeutung und Vorkommen.

EKG-Veränderungen	Bedeutung	Vorkommen
Rechtstyp, großes R >1,5mV und kleines S in V_1/V_2, kleines R und großes S in V_5/V_6	RV-Hypertrophie	Pulmonalstenose, ASD, Fallot-Tetralogie
Linkstyp, großes R >3mV und kleines S in V_5/V_6, kleines R und tiefes S in V_1/V_2; bei Volumenbelastung tiefe Q-Zacke in V_6, I, aVL	LV-Hypertrophie	Aortenstenose, VSD
M-förmige QRS-Splitterung in V_1/V_2 und aVR (Abb. 151.5)	Rechtsschenkelblock	ASD
Verbreiterung und diskordantes T	kompletter RSB	
normal breit und T unauffällig	inkompletter RSB	
QRS-Deformierung und Splitterung in I und V_6 (Abb. 151.5)	Linksschenkelblock	Aortenstenose
Verbreiterung und diskordantes T	kompletter LSB	

Tab. 151.3 Pathologische Veränderungen der T-Welle und ihre Bedeutung.

T-Wellen-Veränderung	Vorkommen
flach	Myokarditis, Hypokaliämie
hoch	Vagotonie, Hyperkaliämie
negativ (außer in III)	Perikarditis, Myokarditis, Ischämie

Tab. 151.4 ST-Streckenveränderungen und ihre Bedeutung.

Veränderung	Vorkommen
deszendierende Senkung	Myokarditis, Ischämie, Ventrikelhypertrophie
aszendierende Senkung	Sinustachykardie bzw. Belastung
muldenförmig	Digitalisintoxikation
Hebung	Perikarditis, Lungenembolie

Tab. 151.5 Altersabhängiger Normbereich für verschiedene Zeitwerte im EKG [1].

Alter	Herzfrequenz (1/min)	P-Dauer in I–III	PQ-Intervall	QRS-Dauer	QR-Zeit in V1	QR-Zeit in V6
0–2 Monate	100–180	0,05–0,07	0,08–0,12	0,04–0,08	0,01–0,03	0,01–0,03
2–5 Monate	100–180	0,06–0,07	0,08–0,12	0,04–0,08	0,01–0,03	0,02–0,03
6–12 Monate	100–180	0,06–0,07	0,09–0,13	0,04–0,08	0,01–0,02	0,02–0,03
2–3 Jahre	100–180	0,05–0,07	0,09–0,15	0,04–0,08	0,01–0,03	0,01–0,04
4–6 Jahre	60–150	0,06–0,08	0,09–0,15	0,05–0,09	0,01–0,03	0,02–0,04
7–10 Jahre	60–130	0,06–0,08	0,10–0,18	0,05–0,09	0,01–0,03	0,02–0,04
11–16 Jahre	50–100	0,06–0,08	0,12–0,19	0,05–0,10	0,01–0,02	0,02–0,04

Beachte: Abweichung vom normalen Lagetyp, QRS-Deformierung (Hypertrophie oder Blockbild) zusammen mit einer Verlängerung der Überleitungszeit sind Hinweise auf angeborene Herzfehler.

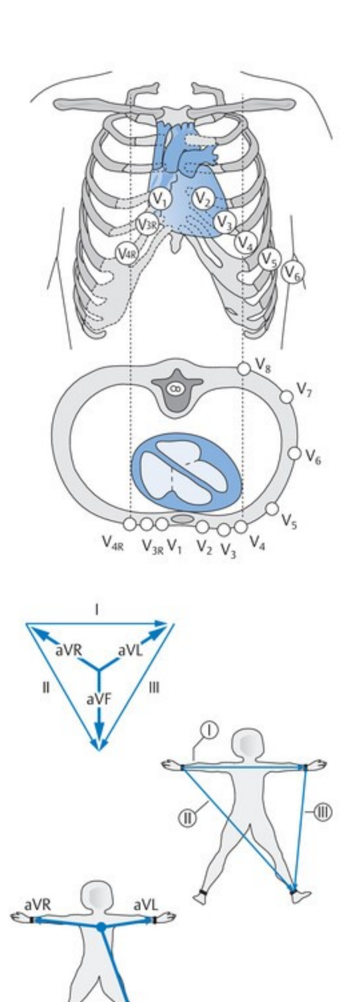


Abb. 151.1 Lokalisation der Elektroden bei Brust- und Extremitätenableitungen.

(Quelle: Kerbl R, Kurz R, Roos R, Wessel L, Reiter K. Diagnostik des Herz-Kreislauf-Systems. In: Kerbl R, Kurz R, Roos R, Wessel L, Reiter K, Hrsg. Checkliste Pädiatrie. 5., vollständig aktualisierte Auflage. Stuttgart: Thieme; 2015.)

(Quelle: Kerbl R, Kurz R, Roos R, Wessel L, Reiter K. Diagnostik des Herz-Kreislauf-Systems. In: Kerbl R, Kurz R, Roos R, Wessel L, Reiter K, Hrsg. Checkliste Pädiatrie. 5., vollständig aktualisierte Auflage. Stuttgart: Thieme; 2015.)

	Typ ∢α / Abl.	Rechtstyp +90°→+150°	Steiltyp +60°→+90°	Normaltyp +30°→+60°	Linkstyp (angedeutet)	Linkstyp +30°→-30°	Linkstyp (überdreht) -30°→-90°	Rechtstyp (überdreht) -90°→-150°
Standard-Ableitung	I							
	II							
	III							
Goldberger-Ableitung	aVR							
	aVL							
	aVF							

Abb. 151.2 Charakteristika der EKG-Lagetypen (nach Gutheil).

(Quelle: Kerbl R, Kurz R, Roos R, Wessel L, Reiter K. Diagnostik des Herz-Kreislauf-Systems. In: Kerbl R, Kurz R, Roos R, Wessel L, Reiter K, Hrsg. Checkliste Pädiatrie. 5., vollständig aktualisierte Auflage. Stuttgart: Thieme; 2015.)

(Quelle: Kerbl R, Kurz R, Roos R, Wessel L, Reiter K. Diagnostik des Herz-Kreislauf-Systems. In: Kerbl R, Kurz R, Roos R, Wessel L, Reiter K, Hrsg. Checkliste Pädiatrie. 5., vollständig aktualisierte Auflage. Stuttgart: Thieme; 2015.)

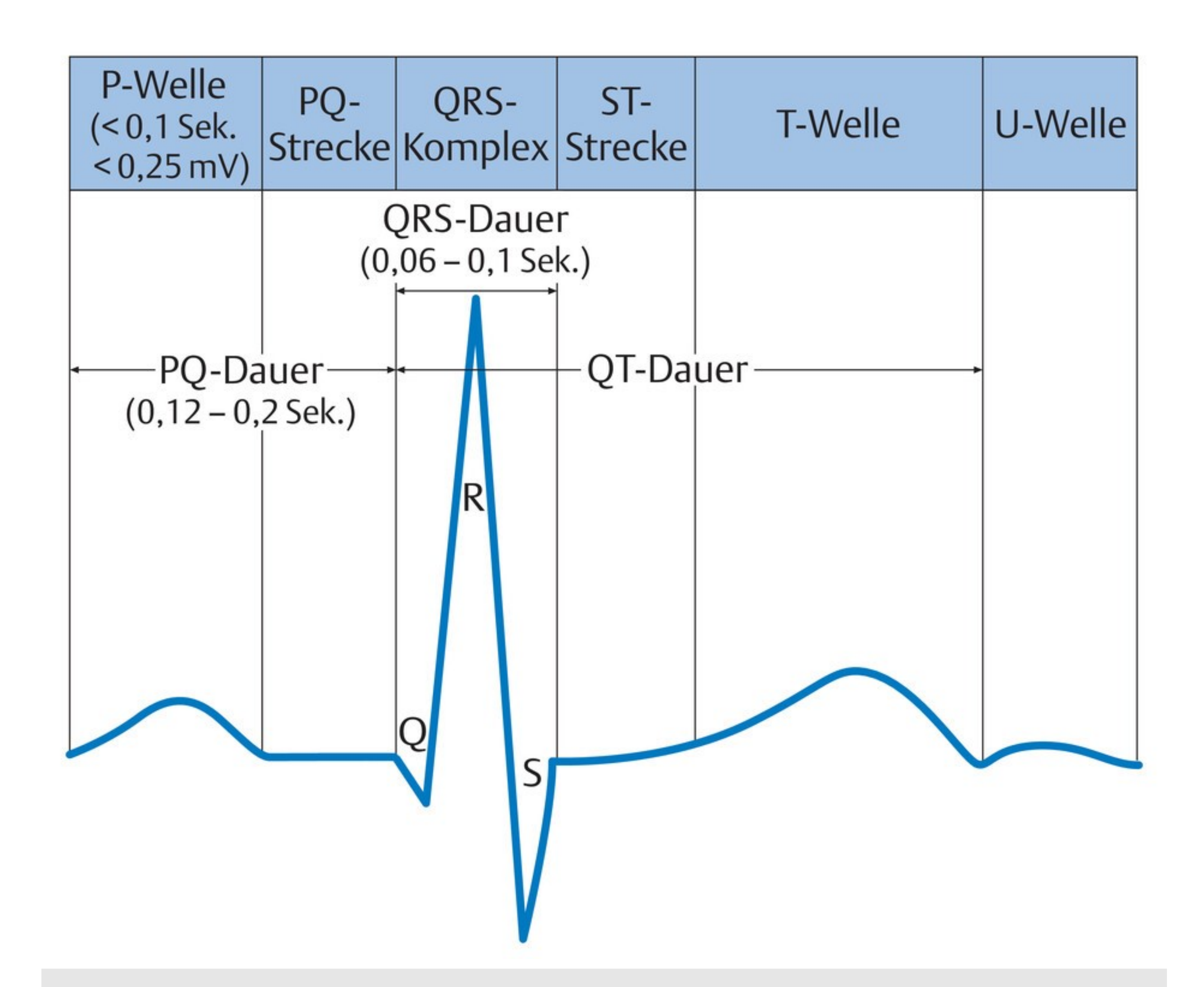


Abb. 151.3 EKG-Normalbefund.

(Quelle: Kerbl R, Kurz R, Roos R, Wessel L, Reiter K. Diagnostik des Herz-Kreislauf-Systems. In: Kerbl R, Kurz R, Roos R, Wessel L, Reiter K, Hrsg. Checkliste Pädiatrie. 5., vollständig aktualisierte Auflage. Stuttgart: Thieme; 2015.)

(Quelle: Kerbl R, Kurz R, Roos R, Wessel L, Reiter K. Diagnostik des Herz-Kreislauf-Systems. In: Kerbl R, Kurz R, Roos R, Wessel L, Reiter K, Hrsg. Checkliste Pädiatrie. 5., vollständig aktualisierte Auflage. Stuttgart: Thieme; 2015.)

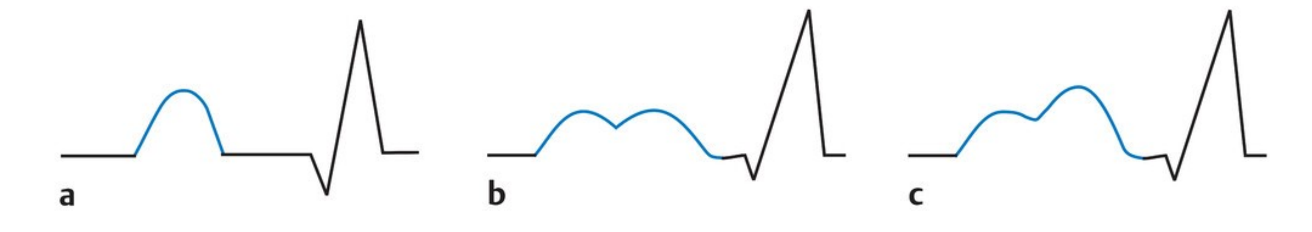


Abb. 151.4 P-Welle.

a P-dextroatriale.

b P-sinistroatriale.

c P-biatriale.

(Quelle: Kerbl R, Kurz R, Roos R, Wessel L, Reiter K. Diagnostik des Herz-Kreislauf-Systems. In: Kerbl R, Kurz R, Roos R, Wessel L, Reiter K, Hrsg. Checkliste Pädiatrie. 5., vollständig aktualisierte Auflage. Stuttgart: Thieme; 2015.)

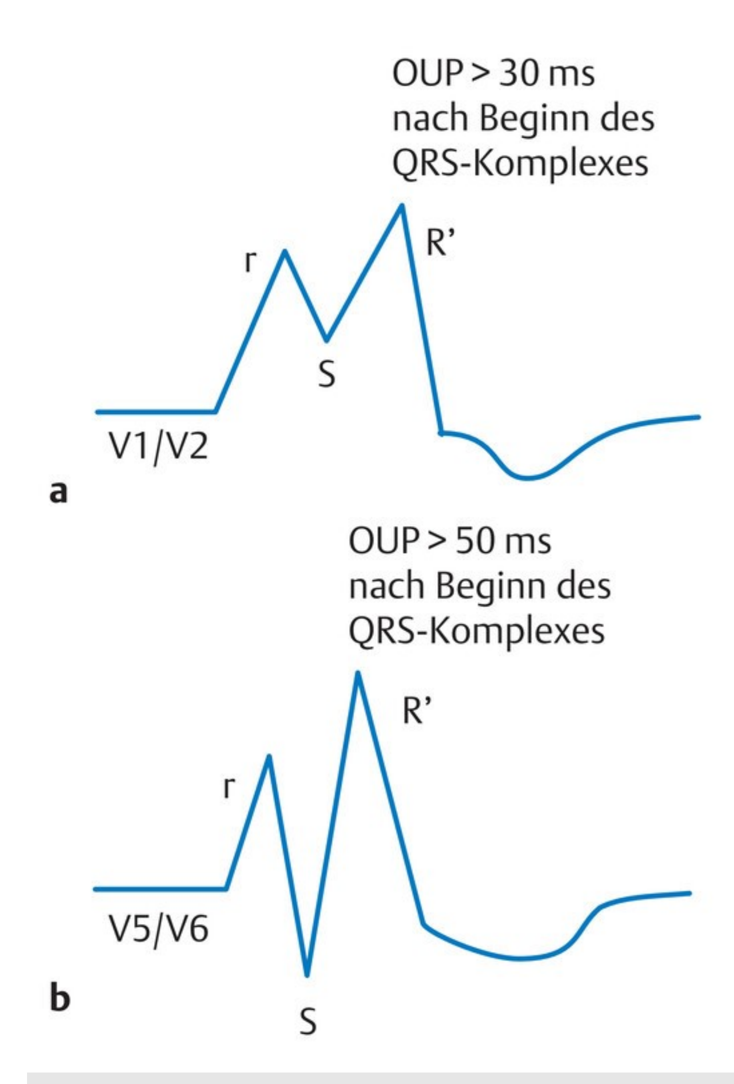


Abb. 151.5 EKG.

OUP: oberer Umschlagspunkt (= Beginn der größten Negativitätsbewegung).

a EKG bei Rechtsschenkelblock.

b EKG bei Linksschenkelblock.

(Quelle: Kerbl R, Kurz R, Roos R, Wessel L, Reiter K. Diagnostik des Herz-Kreislauf-Systems. In: Kerbl R, Kurz R, Roos R, Wessel L, Reiter K, Hrsg. Checkliste Pädiatrie. 5., vollständig aktualisierte Auflage. Stuttgart: Thieme; 2015.)

Mögliche Komplikationen

- Komplikationen sind nicht bekannt.

Literatur

Quellenangaben

- [1] Lindinger A, Paul T, Hrsg. EKG im Kindes- und Jugendalter: EKG-Basisinformationen-Herzrhythmusstörungen-angeborene Herzfehler im Kindes-, Jugend- und Erwachsenenalter. 7. Aufl. Stuttgart: Thieme; 2016

Literatur zur weiteren Vertiefung

- [1] Hamm C, Hoffmann B, Schmitt J, Willems S, Hrsg. Checkliste EKG. 4. Aufl. Stuttgart: Thieme; 2014
- [2] Kerbl R, Kurz R, Roos R, Wessel L, Reiter K, Hrsg. Checkliste Pädiatrie. 5. Aufl. Stuttgart: Thieme; 2015

Quelle:

Grangl G, Gamillscheg A. Elektrokardiografie. In: Kerbl R, Reiter K, Wessel L, Hrsg. Referenz Pädiatrie. Version 1.0. Stuttgart: Thieme; 2024.

Shortlink: https://eref.thieme.de/12R3SLUP